

Maingaukrankenhaus
Prof.Dr.med.Franz-Günther Ritter v.Stockert

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BEZIEHUNG ZWISCHEN
RECHENSTÖRUNG UND RHYTHMUSSTÖRUNG BEI KINDERN

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in
der gesamten Medizin
der Hohen Medizinischen Fakultät der
Johann Wolfgang v.Goethe-Universität zu
Frankfurt a.Main.

Vorgelegt
von

Maria Wunderlich

Frankfurt a.M.

Dezember 1955.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	1
B. Hauptteil	4
I. Methodischer Teil	4
a) Versuchsanordnung	4
b) Diskussion der Versuchsanordnung	9
c) Diskussion der Versuchspersonen	15
d) Beschreibung der rechnerischen Methoden	18
II. Experimenteller Teil	22
Beschreibung der Versuchsergebnisse	
C. Zusammenfassung	32

Einleitung

Schon oft haben die umschriebenen Ausfälle des Gehirns das Interesse erregt, besonders dann, wenn sie mit anderen zentralen Störungen verbunden sind. So findet man z.B. häufig bei einer Aphasie auch eine Rechenstörung.

K. Leonhard wies in einer Arbeit einen Fall nach, in dem nach einem Unfall eine konstruktive Apraxie und eine Agraphie auftraten und als Folge davon eine zeitliche Desorientierung, wobei er allerdings einen optischen Rechentyp voraussetzte.

Dass auch eine Beziehung zwischen Leseschwäche und Rhythmusschwäche besteht, wies M. Stambak in ihrer Arbeit " Le Problème du Rythme Dans le Développement de L'Enfant Et Dans Les Dyslexies D'Evolution" nach. Sie wurde in ihrer Annahme unterstützt durch die Versuche von Mme. Borel-Maisonny, die Kindern mit einer Leseschwäche das Lesen dadurch zu erleichtern versuchte, dass sie sie vorher rhythmische Übungen machen liess.

Unsere Annahme, dass sich ebenfalls eine Beziehung zwischen Rechenschwäche und Rhythmusschwäche aufstellen lässt, wurde dadurch bestärkt,

dass in manchen Schulen die Lehrer in den Elementarklassen das Rechnen den Kindern zu erleichtern versuchen, indem sie sie in rhythmischen Reihen rechnen lassen.

Diese Versuche gehen wohl auf eine Grunderkenntnis des Menschen zurück, dass nämlich viele Tätigkeiten im menschlichen Leben durch den Rhythmus erleichtert werden. Schon vor vielen Jahrhunderten versuchten die Menschen ihre Arbeit durch das Singen von Liedern mit einem ausgeprägten Rhythmus zu unterstützen, sogenannten Arbeitsliedern, oder beim Marschieren wurden Marschlieder gesungen. Aber nicht nur im alltäglichen Leben der Menschen spielt der Rhythmus eine hervorragende Rolle, sondern sehr früh schon war er ein Grundprinzip in der Kunst. Gerade in der Musik ist der Rhythmus neben Melodie und Harmonie von ausserordentlicher Bedeutung, und in der Dichtkunst spielt er als Versmass eine besondere Rolle.

Meist ist mit dem Begriff Rhythmus eine akustische Vorstellung verbunden, aber durch zahlreiche Versuche wurde bewiesen, dass der Rhythmus ebenso in den optischen Vorstellungsbereich gehört.

M. Stambak stellte in ihrer Arbeit durch Untersuchungen fest, dass der Rhythmus nicht von

Anfang an in gleicher Stärke im Menschen vorhanden ist, sondern sich erst allmählich in der Kindheit und Jugend entwickelt. Das lässt sich sehr gut mit der Tatsache vereinbaren, dass das kleine Kind überhaupt noch nicht imstande ist, rhythmische Dauerleistungen zu vollbringen, weder in der Arbeit noch im Spiel.

In dieser Arbeit geht es darum, nachzuweisen, dass auch eine Rechenstörung oft mit einer Rhythmusstörung verbunden ist. Ein Hinweis auf die Beziehung zwischen beiden wurde bereits durch den Versuch des rhythmischen Rechnens angedeutet. Allerdings bleibt jetzt die Frage offen, ob die Rechenschwäche oder die Rhythmusstörung das Primäre ist, oder ob beide gleichzeitig nebeneinander bestehen, ohne dass eines die Folge vom anderen ist; die Behandlung dieses Problems würde aber in dieser Arbeit zu weit führen. Wir haben uns beschränkt, an Hand von fünf Versuchen festzustellen, dass eine Beziehung zwischen Rechen- und Rhythmusstörung besteht. Die Versuchsanordnungen werden in den folgenden Kapiteln noch im einzelnen aufgeführt. Bei der Frage nach der rhythmischen Entwicklung des Kindes wurde an den entsprechenden Stellen auf die Arbeit von M. Stambak verwiesen.

B. Hauptteil

I. Methodischer Teil

a) Versuchsanordnung

Es wurden in dieser Arbeit dieselben Untersuchungsmethoden angewandt, wie in der französischen Arbeit. Es handelt sich um sechs Versuche, von denen wir allerdings nur fünf übernommen haben, weil der erste in diesem Zusammenhang als nicht sehr wesentlich erschien.

Bemerkenswert bei diesen Versuchen war, dass der Rhythmus nicht nur akustisch, sondern auch optisch erfasst werden sollte. Wir stellten bei unseren Untersuchungen fest, dass die Versuche, bei denen es um die optische Wiedergabe eines Rhythmus ging, im Gesamtergebnis nicht schlechter abschnitten als die, bei denen der Rhythmus akustisch wiedergegeben werden sollte. Im folgenden Kapitel sollen die Versuche im einzelnen beschrieben werden.

Beschreibung der Versuchsordnung

Versuch I

Diesem Versuch liegt eine Tabelle zugrunde, die sich aus 21 rhythmischen Strukturen von wachsender Schwierigkeit zusammensetzt.

- | | |
|-------------|------------------|
| 1) 0 0 0 | 12) 00000 |
| 2) 00 00 | 13) 00 0 00 |
| 3) 0 00 | 14) 0000 00 |
| 4) 0 0 0 | 15) 0 0 0 00 |
| 5) 0000 | 16) 00 000 0 |
| 6) 0 000 | 17) 0 0000 00 |
| 7) 00 0 0 | 18) 00 0 0 00 |
| 8) 00 00 00 | 19) 000 0 00 0 |
| 9) 00 000 | 20) 0 00 000 00 |
| 10) 0 0 0 0 | 21) 0 00 00 0 00 |
| 11) 0 0000 | |

Vorversuch:

Man lässt die Versuchsperson zwei einfache Takte nachklopfen, und zwar 00 und 0 0, um den Unterschied zwischen lang und kurz klarzumachen.

Hauptversuch:

Man klopft eine Reihe der Tabelle nach der anderen auf den Tisch und lässt die Versuchsperson den einzelnen Rhythmus jeweils nachklopfen. Als misslungen gilt der Versuch, wenn nach zweimaligem Vorklopfen die Wiedergabe nicht exakt ist. Die Reihen 1-12 werden immer gegeben, die Reihen 13-21 dagegen nur, wenn die vorausgegangenen Versuchsreihen exakt wiedergegeben wurden. Man notiert die Nummern der Reihen, bei deren Wiedergabe Fehler gemacht wurden.

Die rhythmischen Figuren unterscheiden sich aber nicht nur in der Anzahl der Schläge, sondern es kann noch eine feinere Differenzierung in Zahl und Anordnung der Untergruppen vorgenommen werden. Die Reihen enthalten bis zu fünf Untergruppen, die Anordnung der Untergruppen ist symmetrisch oder asymmetrisch. Eine symmetrische Anordnung der Untergruppen findet sich z.B. in Versuch 16, eine asymmetrische in Versuch 18.

Versuch 2:

Die Versuchsperson erhält den Auftrag, einen bestimmten Rhythmus nachzuklopfen, und zwar 0 00. Ist der Rhythmus einmal exakt wiedergegeben worden, soll die Versuchsperson den Rhythmus zehnmal hintereinander wiederholen; dabei wird die Anzahl der Fehler festgestellt.

Im zweiten Teil des Versuches lässt man die Versuchsperson denselben Rhythmus ebenfalls zehnmal hintereinander wiederholen; diesmal jedoch mit maximal möglicher Geschwindigkeit. Hier werden wieder die Fehler gezählt.

Versuch 3:

Die Versuchsperson wird aufgefordert, ein ihr bekanntes Lied zu klopfen, ohne dazu zu singen.

Man wählt dazu am besten ein allgemein bekanntes Kinderlied, damit man allen Kindern derselben Altersgruppe das gleiche Lied geben kann und sie somit möglichst alle unter denselben Versuchsbedingungen stehen. Als gelungen wird der Versuch angesehen, wenn man das Lied gut wiedererkennen kann.

Versuch 4:

Diesem Versuch wird folgende Tabelle zugrunde gelegt:

0 0 0	0000	00 000 0000 0
0 00	0 000	00000
000	00 00	0 0 0 00
00 0	0 0 0 0	0 0000

Es handelt sich darum, dass die Versuchsperson einen akustisch gegebenen Rhythmus optisch wiedergibt.

Man klopft eine Reihe des ersten Abschnittes der Tabelle und lässt sich die entsprechende Reihe von der Versuchsperson auf der Tabelle zeigen. Im ganzen gibt man zwei Reihen aus dem ersten Abschnitt, eine aus dem zweiten und eine aus dem dritten. Bei diesem Versuch zählt man die wiedererkannten Rhythmen.

Versuch 5:

Beim fünften Versuch soll nun im Gegensatz zu Versuch 4 ein optisch gegebener Rhythmus akustisch wiedergegeben werden. Der Versuch erfolgt nach zwei Richtungen hin.

a) Verständnis des Rhythmus

Man zeigt der Versuchsperson die rhythmischen Reihen der ersten Tabelle und lässt sie diese erklären. So muss z.B. in Reihe dreizehn erklärt werden, dass man einmal kurz und zweimal lang klopfen muss. Man kann beim ersten Teil des Versuches die Ergebnisse wieder in drei Gruppen einteilen:

- 1) Verständnis ohne Erklärung
 - 2) Verständnis mit Erklärung
 - 3) Kein Verständnis.
- b) Wiedergabe des Rhythmus

Im zweiten Teil des Versuches wird die Versuchsperson aufgefordert, die Rhythmen exakt wiederzugeben. Hierbei kann es vorkommen, dass ein Rhythmus von der Versuchsperson zwar verstanden wird, aber nicht wiedergegeben werden kann. Andererseits ist es auch möglich, dass der Rhythmus exakt wiedergegeben wird von einer Versuchsperson, die den Rhythmus nicht verstanden hatte.

b) Diskussion der Versuchsanordnung

Versuch 1:

Bei diesem Versuch war es interessant, dass die Kinder sich den vorgeklopfen Rhythmus auf ganz verschiedene Art merkten. Ein Teil der Kinder konnte den Rhythmus nur behalten, wenn sie in Gedanken - nach Untergruppen geordnet - mitzählten, z.B. in der achten Reihe: Eins, zwei Eins, Zwei ... Eins, zwei .. Andere Kinder gaben den Rhythmus nur aus dem Gedächtnis wieder, ohne mitgezählt zu haben. Es war besonders wichtig, darauf zu achten, dass die Untergruppen exakt wiedergegeben wurden, denn natürlich war es ein Leichtes, die Gesamtzahl der Schläge mitzuzählen und dann den Rhythmus wiederzugeben. Dies war nur dadurch zu vermeiden, dass man auf einer exakten Wiedergabe der Untergruppen bestand.

Wichtig war es auch, den Rhythmus im richtigen Tempo zu klopfen. Klopfte man zu langsam, bestand die Gefahr, dass die Untergruppen verschwammen, klopfte man schnell, war es leicht möglich, dass das Kind den Rhythmus zwar behalten hatte, ihn aber in dieser Geschwindigkeit nicht wiederholen konnte und nun mit seiner ungenauen

Wiedergabe den Anschein erweckte, als habe es den Rhythmus nicht behalten.

Versuch 2:

Bei diesem Versuch war darauf zu achten, dass man sich zunächst überzeugete, dass der zugrundegelegte Rhythmus verstanden war. Wenn Kinder - was manchmal vorkam - den Grundrhythmus nicht wiedergeben konnten, hatte es keinen Zweck, den Versuch weiterhin mit ihnen zu unternehmen.

Der Fehler, der bei dieser Versuchsanordnung am häufigsten gemacht wurde, war der, dass die Kinder zwar einen Rhythmus über zehn Takte hinweg exakt aushielten, aber der rhythmischen Reihe nicht mehr den gegebenen Rhythmus zugrunde gelegt hatten, sondern einen abgeänderten, und zwar meistens entweder 00 0 oder 0 000. Dieser neue Rhythmus wurde dann von der Versuchsperson für die ganze Dauer der Zeit eingehalten.

Beim zweiten Teil des Versuches bestand die Gefahr, dass die Versuchsperson auf die Aufforderung hin, den Rhythmus so schnell wie möglich zu klopfen, die Geschwindigkeit so übertrieb, dass die Exaktheit des Versuches darunter litt. Vor allem bei Kindern ist ja die Gefahr sehr gross, dass sie die Grenzen, die der Geschwindigkeit gesetzt sind, nicht erkennen.

Besonders interessant war folgende Beobachtung: die meisten Kinder konnten den gegebenen Rhythmus nicht auf einer Stelle klopfen, sondern beschrieben mit dem Bleistift, den sie zum Klopfen verwandten, fortlaufende Figuren auf dem Tisch. Man kann sich dieses Phänomen vielleicht so erklären, dass den Kindern der Versuch leichter gelang, wenn sie die akustische Wiedergabe des Rhythmus durch optische Hilfsmittel unterstützten.

Versuch 3:

Bei diesem Versuch kam es darauf an, allen Kindern einer Altersgruppe dasselbe Lied zu geben, und zwar möglichst ein Lied von mittlerer Schwierigkeit, damit sie alle weitgehend unter denselben Versuchsbedingungen standen. Es musste natürlich ein Lied sein, das ihnen bekannt war. Das Lied durfte nicht zu leicht sein, sondern musste eine gewisse rhythmische Differenziertheit aufweisen, damit das Kind zeigte, dass es auch imstande war, einen etwas schwierigeren Rhythmus exakt wiederzugeben. Dabei war vor allem darauf zu achten, dass das Lied sich nicht nur aus gleichen Rhythmen zusammensetzte, wie das ja bei manchen Volks- und Kinderliedern der Fall ist. Unter diesen Umständen wäre der Versuch im Prinzip der gleiche gewesen wie Versuch 2.

Ferner war darauf zu achten, dass bei diesem Versuch keinesfalls - auch nicht leise - mitgesungen wurde; dann würde ja nicht mehr der Rhythmus im Vordergrund stehen, sondern die Melodie, die nur durch das Klopfen mit dem Bleistift rhythmisch begleitet würde.

Aus Gründen, die später noch zu erläutern sind, haben wir diesen Versuch als sehr günstig für die Beurteilung einer Rhythmusschwäche angesehen.

Versuch 4:

Hier galt es, ein akustisch gegebenes Thema optisch wiederzuerkennen. Bei diesem Versuch durfte so wenig wie möglich erklärt werden. Man sagte lediglich zur Versuchsperson: "Was ich jetzt auf den Tisch klopfe, musst du mir auf der Tabelle zeigen". Natürlich bestand hier die Möglichkeit, dass ein Kind den Rhythmus nicht wiedererkannte, sondern nur zufällig die richtige Reihe riet. Allerdings war die Möglichkeit, dass ein Kind zweimal die richtige Reihe erriet, äusserst gering. Bei diesem Versuch bestand die Gefahr, dass das Kind den Sinn der ihm gestellten Aufgabe nicht verstand und sie mehr als ein Ratespiel ansah. Es versuchte einfach, die richtige Reihe zu erraten, ohne auf das zu achten, was ihm vorgeklopft wurde.

Dies war wohl auch mit ein Grund dafür, dass ein verhältnismässig hoher Prozentsatz der Versuchspersonen zwei oder drei Aufgaben richtig lösten. Vielleicht hatte ein Kind ein ausgeprägtes rhythmisches Gefühl, verlies sich aber nicht darauf, sondern versuchte, die Reihe zu erraten.

Eine andere Ursache für das teilweise Versagen bei dieser Aufgabe war wohl darin zu suchen, dass ein Teil der Kinder unter einer grossen Befangenheit litt. Aus der Angst heraus, alles richtig zu machen, überlegten sie vielleicht so lange, bis sie den gegebenen Rhythmus wieder vergessen hatten.

Eine dritte Möglichkeit der Erklärung wäre die, dass die Konzentration der Kinder während des Versuches nicht immer die gleiche war. Vielleicht liess sich das Kind durch irgend eine geringfügige Begebenheit ablenken und hatte darüber den Rhythmus vergessen.

Ein anderer Teil der Kinder aber wies wahrscheinlich nur eine geringe rhythmische Unsicherheit auf, die sich dadurch ausdrückte, dass nur ein Teil des Versuches gelöst werden konnte.

Versuch 5:

Bei diesem Versuch sollte ein optisch gegebener Rhythmus erklärt und akustisch wiedergegeben werden.

Beim ersten Teil des Versuches war es wichtig, dass die Kinder, worauf später noch eingegangen werden soll, eine normale Intelligenz und Auffassungsgabe besaßen. Wäre das nicht der Fall gewesen, hätte es sein können, dass das Kind nicht verstanden hätte, was man von ihm wollte und hätte vielleicht nur aus diesem Grunde den Rhythmus nicht erklären können.

Die Voraussetzung für den zweiten Teil des Versuches war das Gelingen des ersten Teils; denn gerade hier war es leicht möglich, dass ein Kind rhythmisch völlig unsicher war und doch bei entsprechend langsamer Geschwindigkeit der Wiedergabe des Rhythmus völlig richtig klopfte, da es jeweils die Schläge einer Untergruppe zusammenzählte und wiedergab, ohne die rhythmische Reihe im Ganzen zu überblicken; es war also nicht der gezeigte Rhythmus, der geklopft wurde, sondern ein einfaches Aneinanderreihen verschiedener Gruppen von Schlägen, ohne dass dabei der Zusammenhang überblickt wurde.

Im Gegensatz hierzu gab es manchmal Kinder, die den Rhythmus zwar exakt erklärt hatten, aber ihn nun nicht wiedergeben konnten. In Reihe 7 der ersten Tabelle erklärten sie z.B., dass man zweimal kurz und zweimal lang klopfen müsse; forderte man sie aber dann im zweiten Teil des Versuches auf, den Rhythmus wiederzugeben, waren sie nicht imstande, dies genau zu tun. Fragte man die Kinder, ob sie denn richtig geklopft hätten und forderte sie auf, den Rhythmus noch einmal zu erklären, und wiederzugeben, war die Erklärung zwar wieder richtig, die Wiedergabe jedoch falsch.

c) Diskussion der Versuchspersonen.

Als Versuchspersonen dienten Kinder aus Frankfurter Volks- und Sonderschulen, und zwar wurden im Ganzen 200 Kinder untersucht, davon waren 100 rechenschwach und 100 normal. Die Auswahl der Kinder wurde in der Schule vorgenommen. Als rechenschwach wurde ein Kind dann angesehen, wenn es im Rechnen zwar schlecht war, in den übrigen Fächern aber eine gute Durchschnittsbenotung hatte. Als normal wurden die Kinder angesehen, die in allen Fächern - einschl. Rechnen - gut waren. Aus schultechnischen Gründen war es leider nicht möglich, den rechenschwachen Kindern nur solche gegenüber zu stellen, die im Rechnen sehr gut waren.

Es war wichtig, dass die Intelligenz und Auffassungsgabe der Kinder möglichst gleich war, denn man kann nicht Kinder mit allgemein verminderter Intelligenz mit den anderen vergleichen, weil dann die Gefahr besteht, dass sie deshalb bei den Versuchen schlechter abschneiden, weil sie in ihrem Intelligenzgrad hinter den anderen zurückstehen und nicht, weil sie weniger rhythmisches Gefühl haben als die anderen. In diesem Fall wäre das Misslingen des Versuches nur auf mangelndes Verständnis zurückzuführen.

Ferner musste man unbedingt versuchen, mit den Kindern Kontakt zu bekommen, bevor man mit dem Versuch begann. Dazu war es nötig, sich ungefähr ein Bild von der Reaktionsweise des Kindes zu machen, ob es z.B. zurückhaltend, verschlossen, schüchtern oder ob es leicht zugänglich, unbefangen und aufgeschlossen war. Vor Beginn des Versuches mußte die erste Befangenheit überwunden sein, damit der Tatsache Rechnung getragen wurde, dass die einzelnen Kinder zunächst mehr oder minder grosse Hemmungen hatten. Es wäre sonst möglich gewesen, dass ein Kind mit einem durchaus sicheren Gefühl für Rhythmus aus seiner Gehemmttheit heraus den Versuch nicht zufriedenstellend gelöst hätte.

Das Alter der Kinder wurde nur in groben Übersichtstabellen berücksichtigt. Eine feinere Differenzierung der verschiedenen Altersklassen durch eine rechnerische Auswertung war deshalb nicht möglich, weil die Anzahl der Versuchspersonen in den einzelnen Altersklassen nicht dazu geeignet war, ein exaktes Ergebnis zu bekommen.

Es sei an dieser Stelle nochmals auf die Arbeit von M. Stambak verwiesen, deren Nachweis, daß das rhythmische Gefühl beim Kind, und zwar sowohl beim normalen als beim ~~rechenschwachen~~ sich progredient mit dem Alter entwickelt, in dieser Arbeit übernommen wurde.

Auf das Geschlecht der Kinder wurde nicht eingegangen, da sich bei dieser Anzahl der Versuchspersonen kein nennenswerter Unterschied ermitteln liess.

Die untersuchten Kinder waren alle im Alter von 7 bis 14 Jahren. Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die Anzahl der Versuchspersonen in den einzelnen Altersgruppen:

Alter:		7	8	9	10	11	12	13	14	Jahre
Zahl d. rechen- Kind. in schwach- jeder Al- ters- gruppe	normal:	11	21	18	8	15	13	10	4	
	normal:	8	13	25	22	13	12	5	2	

Das Durchschnittsalter des normalen Kindes liegt etwas höher als das des rechenschwachen, da die Auswahl der Versuchspersonen z.T. auch so vor-

genommen werden musste, dass der ordnungsgemäße Schulunterricht möglichst nicht gestört wurde.

d) Beschreibung der rechnerischen Methoden.

Es geht bei der Beurteilung von Beobachtungsreihen darum, deren wesentlichen Unterschied möglichst klar zu erfassen. Zu diesem Zweck wurden bei der vorliegenden Arbeit die in der statistischen Mathematik üblichen Verfahren angewendet.

Zunächst wird die Häufigkeitsverteilung untersucht, auf die schon im vorhergehenden Kapitel eingegangen wurde.

Es hat sich als notwendig erwiesen, beim Vorlegen von Messungsergebnissen die entscheidenden Charakteristika der Reihe herauszuarbeiten. Zunächst wird der Mittelwert als Ausdruck der dem wirklichen Wert am nächsten liegenden Grösse bestimmt. Dann wird die mittlere Abweichung, die ein Maß für die Streuung der Einzelwerte um diesen Mittelwert darstellt, errechnet.

Der Gang der Rechnung sei durch die im folgenden aufgeführten Formeln beschrieben:

1. Methode

$$N = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots \dots \dots x_n}{n}$$

Es bedeuten:

N = Mittelwert der Meßreihe

x_1, x_2, x_3 = einzelne Meßwerte

n = Anzahl der Meßwerte.

Es wird der Mittelwert durch Division der Summe der einzelnen Meßwerte durch die Anzahl derselben bestimmt.

Die mittlere Abweichung M wird ermittelt nach der Formel:

$$M = \sqrt{\frac{(x_1 - N)^2 + (x_2 - N)^2 + \dots + (x_n - N)^2}{n - 1}}$$

Die ins Quadrat erhobenen Differenzen aller Einzelwerte werden addiert und durch $(n - 1)$ dividiert. Aus dem Ergebnis wird die Quadratwurzel gezogen, um M zu erhalten.

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich darum festzustellen, ob der Unterschied der Meßreihen zweier sich in einer Eigenschaft unterscheidenden Gruppen von Versuchspersonen statistisch gesichert ist. Es kann vorausgesetzt werden, daß die Lage der Meßwerte um den Mittelwert einer Normalverteilung entspricht. Das bedeutet, daß dieselben eine symmetrische Glockenform darbieten, wenn man auf der Abszisse die Einzelwerte und auf der Ordinate die Häufigkeit ihres Vorkommens

abträgt. Liegen nun bei der Testung zweier ungleicher Gruppen zwei Meßreihen vor, deren Ergebnisse sich in der Form einer Gauß'schen Kurve auftragen lassen, so ist die Frage zu stellen, ob jede der Kurven eine eigene Grundwahrscheinlichkeit hat, oder ob beide Kurven einer gemeinsamen Grundwahrscheinlichkeit entsprechen. Im letzteren Falle wären die beiden Gruppen in der zu untersuchenden Eigenschaft gleich, im ersteren würden sie sich darin unterscheiden. Es kommt nun bei der mathematischen Auswertung darauf an, den Unterschied exakt zu sichern oder zu erweisen, dass sich mit den durchgeführten Testungen ein Unterschied nicht nachweisen lässt.

Entsprechend den in der Statistik festgelegten Definitionen gilt der Unterschied mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit 0.27% statistisch gesichert, wenn der Quotient $\frac{N_1 - N_2}{M_d}$

grösser als 3 ist.

Das bedeutet formelmässig ausgedrückt:

$$N_1 - N_2 = 3 M_d \text{ oder } \frac{N_1 - N_2}{M_d} = 3$$

Die mittlere Abweichung der Differenz (md) wird wie folgt berechnet:

$$Md = \sqrt{\frac{M_1^2}{n_1} + \frac{M_2^2}{n_2}}$$

Die Bedeutung der Symbole ist aus den obigen Ausführungen zu entnehmen.

Ist $N_1 - N_2$ nur zwei bis dreimal so gross wie Md , so gilt der Unterschied zwischen den Meßreihen als wahrscheinlich vorhanden.

2. Methode

Werden bei einer Untersuchung nicht um einen Mittelwert liegende Meßwerte als Ergebnis erzielt, sondern nur die Häufigkeit p bestimmt, mit der ein Ereignis eingetreten ist, so vereinfacht sich die Berechnung. Dies ist der Fall bei den Versuchen 3 und 5.

Die mittlere Abweichung M ist dann:

$$M = \frac{p \cdot q}{n}$$

Hierbei bedeuten:

M = mittlere Abweichung

p = Häufigkeit

n = Gesamtzahl

q = Gegenwahrscheinlichkeit ($q=1-p$)

Die Streuung der Differenz Md der beiden Häufigkeiten p_1 und p_2 erhält man nun, indem man die Wurzeln der Summe der beiden errechnet.

$$Md = \sqrt{\frac{p_1 \cdot q_1}{n_1} + \frac{p_2 \cdot q_2}{n_2}}$$

Ist nun die Differenz der absoluten Werte zweier Häufigkeiten p_1 und p_2 grösser als der dreifach mittlere Fehler der Differenz Md , so gilt der Unterschied als statistisch gesichert.

II. Experimenteller Teil

Es wurde in der Wiedergabe der Versuche bei den Ergebnissen der Rechenschwachen der Index 1 verwendet, bei den Normalen der Index 2.

Versuch 1

Der erste Versuch wurde nach der ersten oben angegebenen Methode berechnet.

Es ergaben sich folgende Werte:

$$N_1 = 9$$

$$N_2 = 4$$

$$M_1 = 0.481$$

$$M_2 = 0.3422$$

$$n_1 = 100$$

$$Md = 0.59$$

$$n_2 = 100$$

$$\frac{N_1 - N_2}{Md}$$

$$D = 5$$

$$Md = 8.46$$

Das Ergebnis zeigt einen statistisch gesicherten Unterschied.

Um das Ergebnis des ersten Versuches noch weiter zu differenzieren, wurden die Einzelergebnisse noch einmal in Prozenten ausgerechnet, die in folgender Tabelle wiedergegeben werden:

Tabelle 1 (Normal)

Nr.der Reihe	A l t e r							
	7	8	9	10	11	12	13	14 Jahre
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	15	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	13	-	7	5	15	-	-	-
9	13	8	8	5	15	-	-	-
10	13	-	-	5	-	-	-	-
11	13	16	8	14	23	4	-	-
12	-	8	8	10	-	-	-	-
13	13	23	7	18	15	4	-	-
14	38	8	12	18	15	4	-	-
15	38	16	12	14	31	4	-	-
16	75	23	32	32	46	4	-	-
17	88	46	52	55	54	17	20	-
18	100	39	52	49	46	17	20	-
19	100	69	72	64	69	17	60	-
20	100	69	72	64	93	17	80	50
21	100	77	80	68	93	25	80	50

Tabelle 1 (Rechenschwach)

Nr. der Reihe	A l t e r								14 Jahre
	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
2	-	5	-	13	-	-	-	-	-
3	-	10	6	13	7	-	-	-	-
4	-	14	-	13	7	-	-	-	-
5	-	14	11	13	7	-	-	-	-
6	18	38	22	25	13	8	-	-	-
7	27	38	22	38	27	15	10	25	-
8	27	29	28	25	20	8	-	-	-
9	27	24	45	38	40	15	10	-	-
10	9	24	6	38	13	-	10	-	-
11	45	43	39	50	47	23	20	-	-
12	36	24	22	50	13	23	20	-	-
13	55	62	61	38	60	39	50	-	-
14	55	62	50	63	60	31	50	25	-
15	64	62	67	63	40	39	40	-	-
16	91	81	72	50	60	62	50	-	-
17	82	81	78	63	80	93	90	25	-
18	82	86	83	100	87	69	70	25	-
19	100	71	83	100	87	93	100	75	-
20	100	86	89	88	100	100	100	75	-
21	100	90	89	75	100	93	100	75	-

Aus dieser Tabelle ist erstens einmal ersichtlich, dass die Fehlerzahl mit zunehmendem Alter abnimmt, und zwar bei den Rechenschwachen sowohl als auch bei den Normalen. Hiermit wurde das Untersuchungsergebnis von Mira Stambak bestätigt. Als zweites gibt die Tabelle Auskunft über die

Differenzierung nach den drei Gesichtspunkten, die im vorigen Teil schon erwähnt wurden.

1. Sie zeigt deutlich, dass im allgemeinen die Zahl der Fehler mit der Zahl der Schläge in einer Reihe steigt. Dies gilt wieder sowohl für die Normalen als auch für die Rechenschwachen.

2. Die Differenzierung in Untergruppen und Symmetrie der Untergruppen wird in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

Als Beispiel haben wir die Achtjährigen herausgegriffen.

Tabelle 2

Nummer des Versuches:	Rechenschwach:	Normal:
-----------------------	----------------	---------

8	29	-
14	62	8
16	81	23
18	86	39

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass die Schwierigkeit der Wiedergabe zunimmt mit wachsender Zahl der Untergruppen. Versuch 16 fiel im allgemeinen besser aus als Versuch 18, obwohl die Untergruppen in Versuch 16 asymmetrisch und in Versuch 18 symmetrisch sind. Die Zahl der Untergruppen ist dagegen in Versuch 18 grösser. Dies Ergebnis gilt wieder sowohl für die Rechen-

schwachen als auch für die Normalen.

Versuch 2

Auch dieser Versuch wurde nach dem oben angegebenen Verfahren berechnet.

Es ergab sich für den ersten Teil des Versuches:

$$\begin{array}{ll} N_1 = 4 & n_1 = 100 \\ N_2 = 2 & n_2 = 100 \\ M_1 = 0.355 & D = 2 \\ M_2 = 0.763 & Md = 0.84 \end{array}$$

$$\frac{N_1 - N_2}{M_d} = 2.37$$

Für den zweiten Teil des Versuches ergab sich:

$$\begin{array}{ll} N_1 = 5 & n_1 = 100 \\ N_2 = 3 & n_2 = 100 \\ M_1 = 0.367 & D_2 = 0.498 \\ & Md = 0.498 \\ M_2 = 0.337 & D = 2 \end{array}$$

$$\frac{N_1 - N_2}{M_d} = 4.06$$

Die Ausrechnung ergibt einen wahrscheinlichen Unterschied für den ersten Teil des Versuches, einen absoluten für den zweiten Teil. Den Unter-

schied im Ergebnis kann man wohl so erklären, dass es sich erst mit zunehmender Geschwindigkeit erweist, ob wirklich ein festes Gefühl für Rhythmus vorhanden ist oder nicht, denn nur bei schnellem Tempo kann das Kind reagieren, ohne dass dabei andere Faktoren, wie z.B. die Überlegung und das Gedächtnis, eine Rolle spielen.

Versuch 3

Dieser Versuch wurde nach der oben angegebenen zweiten Methode berechnet. Es ergaben sich folgende Werte:

Rechenschwach

$$n_1 = 100$$

$$p_1 = 0.52$$

$$q_1 = 0.48$$

Normal

$$n_2 = 100$$

$$p_2 = 0.74$$

$$q_2 = 0.26$$

Exakte Wiedergabe bei
52% der Versuchspersonen

Exakte Wiedergabe bei
74% der Versuchspersonen

Es ergab sich somit durch die oben angeführte Rechnung eine Differenz von 3.31, womit für diesen Versuch ein Unterschied zwischen Rechenschwachen und Normalen klar erwiesen ist. Dieser Versuch ist insofern besonders positiv zu bewerten, als bei ihm verschiedene Faktoren - wie z.B. Auffassungsgabe, Intelligenz und verstandesmäßige

Überlegung -, die bei den anderen Versuchen manchmal doch eine gewisse Rolle spielten, hier kaum in Betracht kamen.

Versuch 4

Dieser Versuch wurde nach der ersten der oben angegebenen Methoden berechnet. Es ergaben sich folgende Werte:

$$M_1 = 0.238$$

$$D = 1$$

$$M_2 = 0.158$$

$$Md = 0.903$$

$$N_1 = 2$$

$$\frac{N_1 - N_2}{}$$

$$MD = 1.1$$

$$N_2 = 3$$

$$n_1 = 100$$

$$n_2 = 100$$

Die Rechnung ergibt also keinen absoluten, sondern nur einen wahrscheinlichen Unterschied, der sich wohl so erklären lässt, dass bei beiden Versuchsreihen der Prozentsatz der Kinder, die 2 oder 3 Rhythmen richtig erkannten, verhältnismässig hoch war. Die Gründe hierfür wurden im zweiten Teil der Arbeit dargelegt. Die folgende Tabelle gibt über die einzelnen Ergebnisse noch näheren Aufschluss:

Tabelle 3a
Rechenschwach
A l t e r

Anzahl der
wiederer-
kannten
Rhythmen:

	7	8	9	10	11	12	13	14 J.
0	63.5	47.5	28	25	20	15	10	- %
1	18.2	19	11	12.5	20	15	10	- %
2	-	24	16.7	25	20	30	10	25 %
3	9.1	4.75	22	-	13.5	15	20	25 %
4	-	4.75	22	37	27	23	50	50 %

Tabelle 3b
Normal

0	-	15.4	-	-	15.4	-	-	- %
1	12.5	15.4	24	27	7.2	-	-	- %
2	50	23	8	13.6	-	-	-	- %
3	25	31	24	27	23	25	20	- %
4	12.5	15.4	48	54	54	55	80	100 %

Aus dieser Tabelle lässt sich leicht ersehen, dass der Prozentsatz derjenigen, die 4 Rhythmen erkannt haben, gegenüber denjenigen, die keinen Rhythmus erkannt haben, bei den Rechenschwachen grösser ist, bei den Normalen dagegen kleiner.

Versuch 5

Im ersten Teil der Arbeit wurde erklärt, dass der erste Teil des fünften Versuches aus zwei Teilen besteht. Wir geben nun die Ergebnisse der einzelnen Teile wieder.

Ia) In der folgenden Ausrechnung werden die rechenschwachen und normalen Kinder miteinander verglichen, die die verschiedenen Rhythmen ohne Erklärung verstanden hatten.

Hierbei ergaben sich die folgenden Werte:

Rechenschwach

$$N_1 = 100$$

$$p_1 = 0.39$$

$$q_1 = 0.61$$

Spontanes Verständnis bei 39 %

Normal

$$N_2 = 100$$

$$p_2 = 0.65$$

$$q_2 = 0.35$$

Spontanes Verständnis bei 65 %

Als Differenz ergab sich ein Wert von 3.81, also ein statistisch sicherer Unterschied.

Ib) Ergebnisse bei den Versuchspersonen, die den Rhythmus nur mit Erklärung verstanden:

Rechenschwach

$$N_1 = 100$$

$$p_1 = 0.81$$

$$q_1 = 0.19$$

Verständnis mit Erklärung bei 81 %

Normal

$$N_2 = 100$$

$$p_2 = 1.0$$

$$q_2 = 0.1$$

Verständnis mit Erklärung bei 100 %

Als Endwert bei der Ausrechnung ergab sich der sichere Unterschied von 4.84.

Ic) Versuchspersonen, die den Rhythmus gar nicht verstanden, verblieben bei den Rechenschwachen 19 %, bei den Normalen 0 %.

II) Die Ergebnisse des zweiten Teiles des Versuches gibt die folgende Tabelle wieder:

<u>Rechenschwach</u>	<u>Normal</u>
$N_1 = 100$	$N_2 = 100$
$p_1 = 0.40$	$p_2 = 0.79$
$q_1 = 0.60$	$q_2 = 0.21$
Exakte Wiedergabe bei 40 %	Exakte Wiedergabe bei 79 %

Die Ausrechnung wurde nach der zweiten oben angegebenen Methode gemacht, wobei sich für die Differenz ein Wert von 2.41 ergab. Ein Unterschied zwischen Rechenschwachen und Normalen ist damit wahrscheinlich.

C. Zusammenfassung

Wenn man die rechnerischen Ergebnisse der Arbeit betrachtet, wird man wohl zu dem Schluß kommen müssen, dass eine Beziehung zwischen Rechenschwäche und Rhythmusschwäche besteht.

Der erste Versuch und der zweite Teil des zweiten Versuches, der dritte Versuch und der zweite Teil des fünften Versuches ergaben bei der Ausrechnung einen sicheren Unterschied; der erste Teil des zweiten Versuches, Versuch 4 und der erste Teil des fünften Versuches ergaben einen wahrscheinlichen Unterschied. Die Ursache für den wahrscheinlichen Unterschied in einem Teil der Fälle lässt sich - wie im Text schon näher ausgeführt - wohl zum Teil auf verschiedene äußere Faktoren zurückführen. Es ist daher nicht anzunehmen, dass diese Versuche ein Beweis dafür wären, dass eine Beziehung zwischen Rechenstörung und Rhythmusschwäche nicht bestände. Im Gegenteil - eine Beziehung ist hier wohl mit Sicherheit nachgewiesen, und wir können damit in Parallele zu Mira Stambak feststellen, dass nicht nur Leseschwäche und Rhythmusstörung, sondern auch Rechenschwäche und Rhythmusstörung zusammenhängen.

Herrn Professor von Stockert sage ich herzlichen Dank für die Überlassung des Themas. Ich danke ihm sowie den Herren Schulrektoren Steul und Taufkirch für ihre Hilfe und ihr verständnisvolles Entgegenkommen.

Literaturverzeichnis

- Czerny, M.: Anweisungen zum physikalischen Anfängerpraktikum, Steinkopff, Frankfurt/M. 1948.
- Drake, Raleigh M.: A functional test of rythm. Amer. Psychologist, 1950, Seite 317.
- Fraisse, Paul: Rhythmes Antitifs Et Rhythmes Visuels, Année psychol. 1950 Seite 21.
- Frischeisen-Köhler, Ida: Das persönliche Tempo; Inauguraldiss., Thieme, Leipzig 1933.
- Hosemann, Hans: Die Grundlagen der statistischen Methoden für Mediziner und Biologen, Thieme, Stuttgart 1949.
- Isserlin, M.: Umschriebene zentrale Schädigungen und ihre Folgen; aus: Lehrbuch der Psychopathologie des Kindesalters. Rotapfel-Erlenbach, Zürich 1938.
- Koller, Siegfried: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen; Steinkopff, Dresden und Leipzig 1943.
- Leonhard, K.: Die Bedeutung optischer Vorstellungen für das elementare Rechnen. Zschr. Neurol., Berlin, Band 164/1939 Seite 321.
Rechen- und zeitliche Orientierungsstörungen bei Agraphie und konstruktiver Apraxie. Arch. Psychiatr., Band 188/1952, Seite 504.

- v.Muralt,
Alexander: Einführung in die Praktische
Psychiologie, Springer-Verlag,
Berlin 1944.
- Myerson, Paul G.
u. Landau, David: Tapping Rhythmus in Neuropsychi-
atric Patients, Arch. Neu-
rol. Psychiat. Chicago, Band
63, Seite 351.
- Stamback, Mira: Le Problème Du Rhythme Dans
Le Développement De L'Enfant
Et Dans Les Dyslexies D'Evo-
lution. Psychological Abstracts
Vol. 27, 1953, Seite 138.
- Storck, Karl: Geschichte der Musik, Stutt-
gart 1922.
- von Stockert, F.G.: Einführung in die Psychopatho-
logie des Kindesalters.
Urban und Schwarzenberg, 1949
Berlin-München.

L e b e n s l a u f

Am 23. November 1931 wurde ich, Anna, Lydia, Maria Wunderlich als älteste Tochter des Dr. Friedrich Wunderlich und seiner Ehefrau Maria geb. Straube in Hamburg geboren. Mein Vater war dort Pastor der Methodistenkirche. 1938 kam ich in Hamburg in die Volksschule. 1939 zogen wir nach Frankfurt a.M., weil mein Vater eine Berufung als Dozent an das dortige Predigerseminar erhalten hatte. Ich besuchte hier drei Jahre die Volksschule und ab 1942 nach bestandener Aufnahmeprüfung eine Oberschule für Mädchen, an der ich 1951 meine Reifeprüfung ablegte. Vom Sommersemester 1951 bis zum Sommersemester 1953 studierte ich an der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu Frankfurt a.M. Medizin. Im Frühjahr 1952 machte ich das Vorphysikum und im Frühjahr 1953 das Physikum. Im Wintersemester 1953/54 studierte ich in Marburg und kehrte im folgenden Semester nach Frankfurt a.M. zurück, um hier mein Studium mit dem Staatsexamen zu beenden.

Frankfurt a.M. im Dezember 1955.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Hilfsquellen angefertigt habe. Sämtliche Entlehnungen und Anlehnungen sind unter Quellenangabe kenntlich gemacht.

Frankfurt a.M., im Dezember 1955.

